NOTES DE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE
Applications de la recherche forestière Centre de foresterie du Pacifique Numéro 24, février 2001

# La décomposition polygonale :

## *une procédure d'utilisation des données de télédétection pour bonifier les inventaires forestiers sur SIG*

**Mike Wulder, Steven E. Franklin, et Mike B. Lavigne**

## *Importance stratégique*

Les données sur les inventaires forestiers sont habituellement composées de polygones dont la généralisation a été obtenue à partir de photographies aériennes qui représentent des conditions forestières homogènes. L'aménagement forestier est fondé sur l'utilisation de ces cartes, lesquelles ont été généralisées à partir de l'interprétation de ces photographies aériennes. Les zones ainsi généralisées forment des polygones dans les données cartographiques numériques enregistrées dans les SIG (systèmes d'information géographique). Ces polygones représentent une homogénéité interprétée des conditions locales des peuplements. On peut utiliser les données obtenues par les satellites de télédétection pour faire des mesures ou regrouper l'information d'une manière utile à l'intérieur de ces zones généralisées. La décomposition polygonale est donc le processus qui consiste à analyser des zones polygonales précédemment délimitées, en utilisant pour ce faire des données numériques auxiliaires provenant d'une source indépendante, comme des données de télédétection. Dans la méthode de décomposition polygonale, les zones polygonales fournissent un contexte qui permet d'évaluer la présence ou l'absence de conditions prévues. La décomposition polygonale permet d'utiliser des données de gestion forestière (inventaire) avec des données de télédétection – les deux nécessitent des bases de données à référence spatiale.

La présente note décrit la procédure de décomposition polygonale et en présente un exemple. La décomposition polygonale est un outil souple, applicable à plusieurs questions en gestion forestière, notamment :

- l'identification des changements dans les conditions forestières (santé ou perturbation des forêts);
- la prévision de la composition et des labels des polygones;
- l'estimation des attributs structuraux des forêts;
- la vérification des inventaires.

## *Création des inventaires*

Chaque gouvernement provincial ou territorial maintient une base de données sur son inventaire forestier, dans un système d'information géographique (SIG). Parmi les méthodes actuelles utilisées par ces gouvernements pour créer ces inventaires, mentionnons :

- l'obtention de photos aériennes, habituellement répétées à intervalles de plusieurs années;
- l'interprétation des photos aériennes afin de délimiter les zones présentant des caractéristiques forestières similaires (polygones);
- la numérisation des limites ainsi obtenues par interprétation photogrammétrique.

Les zones jugées homogènes par les photogrammétristes sont sélectionnées d'après la similitude de leurs caractéristiques sur les photographies, p. ex., le ton, la texture, les motifs, les formes, la taille des entités, les ombres et les associations. Ces caractéristiques photographiques présentent une forte corrélation avec diverses caractéristiques forestières, notamment la composition des espèces, les classes de hauteur, l'âge, la densité et les régimes d'aménagement. Les zones délimitées présentant des caractéristiques similaires sont appelées peuplements forestiers, et constituent l'unité fondamentale pour l'enregistrement, la cartographie et l'analyse des données dans l'inventaire forestier informatique ainsi constitué.

Les peuplements forestiers sont habituellement cartographiés selon des unités minimales de cartographie de 2 ou 4 ha (ces unités sont désignées par le sigle MMU). Toutefois, il arrive souvent que l'homogénéité présumée dans chaque polygone n'est pas suffisante pour les travaux de gestion, d'analyse ou de cartographie, ou encore il se peut qu'elle ne représente pas adéquatement les caractéristiques dynamiques des forêts.

On peut utiliser l'information sur les peuplements forestiers contenue dans un SIG pour créer de nouvelles informations basées sur des relations connues entre les attributs enregistrés dans l'inventaire des

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Canada

forêts et dans des tables de recherche déjà établies. Par exemple, le cubage d'un peuplement est couramment estimé à l'aide de pareilles tables, qui établissent une relation entre le volume d'un peuplement et les données sur l'espèce, la densité et la hauteur enregistrées dans le SIG. Bien que les données habituelles des inventaires forestiers constituent un outil de gestion efficace, elles présentent deux lacunes importantes :

1) La longue période qui sépare les mesures. Cela peut réduire grandement l'utilité des données d'inventaire standard. Dans une étude réalisée au Nouveau-Brunswick sur la détection des changements, nous avons constaté que les données polygonales forestières nécessitaient une mise à jour annuelle, car jusqu'à 10 p. 100 du territoire forestier pouvait connaître des changements majeurs dans une même année.

2) L'absence de détails spatialement explicites à l'intérieur même des polygones de peuplement.

## Données de télédétection

Les données de télédétection peuvent être obtenues par des capteurs satellitaires ou aéroportés, et couvrir de grandes étendues avec un court cycle de répétition. Les données peuvent également être conformes à un protocole d'échantillonnage standard, allant d'une faible résolution spatiale (pixel = 1 km), à une résolution spatiale moyenne (un pixel ≈ 0,1 ha) et à une grande résolution spatiale (pixel < 0,0001 ha). Les pixels de résolution spatiale moyenne et élevée représentent des zones qui sont beaucoup plus petites que les peuplements forestiers et les polygones d'inventaire. Il est donc possible d'utiliser les pixels sub-polygonaux pour étudier le contenu des polygones, et ainsi créer de nouvelles données sur les attributs forestiers.

Les données numériques (DN) obtenues par télédétection peuvent être utilisées directement, être transformées en valeurs physiques (par exemple, la réflectance) ou être traitées par des procédures de classification des images. En comparant les pixels obtenus à différentes périodes, on peut évaluer les changements à l'intérieur des cycles d'inventaire habituels, et ce, dans chaque peuplement ou polygone.

La télédétection permet également de caractériser les polygones non mesurés, par exemple ceux que l'on trouve souvent dans les bases de données d'inventaire forestier sur les terres privées. Il est possible de calculer les attributs, à partir de relations de régression entre les données numériques et les données de validation obtenues au sol, si on peut obtenir chaque valeur de pixel dans un polygone de peuplement.

## Méthode de décomposition polygonale

La décomposition polygonale peut s'effectuer de plusieurs façons. L'important est de pouvoir réduire les valeurs de télédétection à l'intérieur des polygones d'inventaire forestier enregistrés dans un SIG. À la figure 1, nous présentons un flot de données généralisé pour la décomposition polygonale, selon les étapes suivantes :

- Le polygone initial (zone portant un label continu et unique) est identifié.
- Le polygone est ensuite tramé. On crée ainsi des pixels à la même résolution que les images de télédétection qui seront intégrées au polygone. Cela permet également de géocoder l'information de l'inventaire forestier et les données de télédétection.
- La troisième étape consiste à décomposer le polygone dans le SIG. Par exemple, on peut vouloir étudier, dans un polygone donné, les résultats d'une procédure de détection des changements sur l'ensemble d'une image, ce qui permet de déceler les différences entre des images prises à deux dates différentes. La procédure de détection des changements crée de nouvelles valeurs pour les pixels, lesquelles peuvent ensuite être regroupées pour créer un nouveau label pour chaque polygone.
- Les données numériques à l'intérieur du polygone sont ensuite réduites, et les données sont enregistrées dans le SIG comme nouvel attribut.

## Étapes de détection des changements et de décomposition polygonale

La Figure 2 présente une comparaison conceptuelle de deux échantillons d'images offrant des caractéristiques forestières simulées et reliées. La transformation des données (selon des formules pour les caractéristiques forestières simulées de brillance du sol, de couvert végétal et d'humidité) est calculée afin de donner des « résultats de changement ». Ceux-ci sont traités à l'intérieur de chaque polygone de l'inventaire forestier. À partir de l'agrégation intrapolygonale, on peut représenter pour chaque polygone les changements intrapolygonaux.

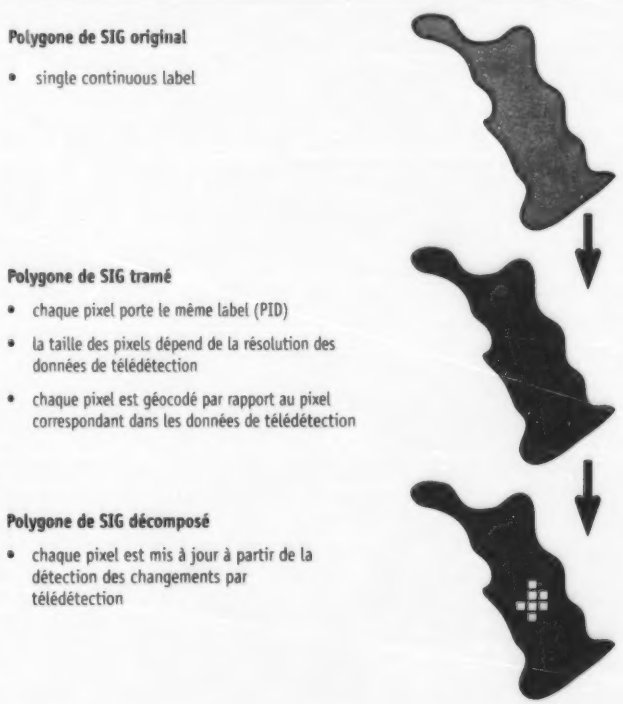



***Figure 1. Flot des données pour la décomposition polygonale, de la zone de généralisation, au tramage et à la réduction. Les résultats de la décomposition sont enregistrés dans le SIG sous forme de nouvel attribut de polygone.***

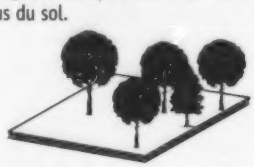
Deux images de l'ACT du Landsat, acquises le 7 août 1992 (Figure 2A) et le 8 août 1997 (Figure 2B), ont été géométriquement superposées (avec une erreur-type de 0,2 pixel, à l'aide de 24 points de contrôle au sol) et ont fait l'objet d'une correction atmosphérique. On a pu ainsi détecter les changements entre les deux dates. En comparant les deux images (Figures 2A et 2B), nous constatons qu'il y a eu coupe de végétation dans cette zone.

Le traitement des images, dans cet exemple, a consisté en une simple transformation des données-images à l'intérieur des polygones de peuplement sélectionnés dans le SIG, pixel par pixel. Les données de réflectance de l'image ont été transformées en indices dits « Tasselled Cap » - indices de brillance au sol, de couvert végétal et d'humidité – pour l'ACT du Landsat (Crist et Cicone, 1984). Ces indices sont une combinaison linéaire des bandes 1 à 5 et 7 de l'ACT du Landsat. L'étape suivante dans le traitement des images consiste à convertir ces trois variables pour chacune des deux dates (1992 et 1997) en une image de différence pour chaque composante. Dans l'image de différence pour l'indice d'humidité (Figure 2C), le rouge vif indique une grande différence négative entre les deux années, le rose pâle indique une différence moyenne et le bleu pâle indique une légère différence positive, tandis que le blanc indique les zones sans différence. Les éclaircies commerciales ont été interprétées comme constituant des changements moyens à légers; environ 30 p. 100 de la surface terrière d'un peuplement a été enlevé dans ces zones, mais, dans l'ensemble, le changement dans le couvert de ces peuplements matures n'était pas important. Toutefois, les éclaircies précommerciales dans les plantations se traduisaient souvent par une réduction importante de la biomasse en croissance, ce qui donnait lieu à une plus grande différence spectrale, pouvant être interprétée comme un changement moyen.

On a réalisé une classification dirigée des changements (Figure 2D). Pour ces classes, les données de départ ont été compilées à partir des zones définies dans chacun des modes différents de propriété des terres. Différents types de traitement ont été utilisés pour organiser les données de départ en trois classes distinctes, quoique qualitatives, de changements (importants, moyens, faibles). Il a fallu procéder à une certaine interprétation des données, basée sur les rapports de prescription à partir des données sur la propriété et des données-images. Par exemple, il restait environ 14 m_/ha (surface terrière) de pin blanc dans les zones éclaircies. Nous avons interprété cette information comme étant un changement important sur l'image, mais différent d'une zone de coupe à blanc standard dans cette région.

Peuplements avant éclaircie commerciale, vus du sol.

Peuplements après éclaircie commerciale, vus du sol.

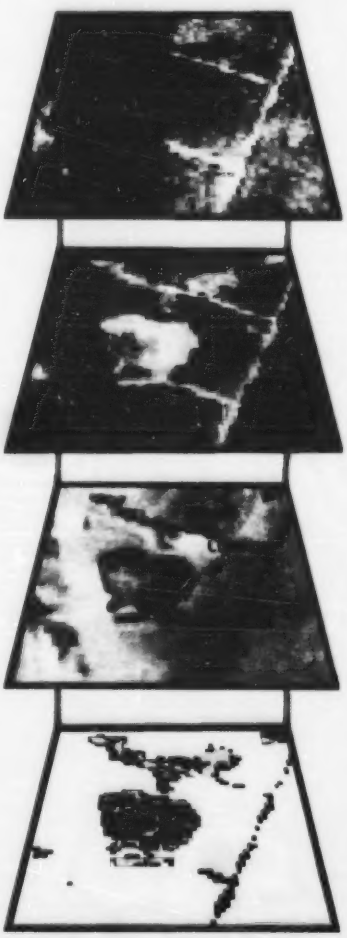


**Transformation des données**

Les deux images ont été transformées par la technique Tasseled Cap, en composantes « humidité ». Les deux images à indice d'« humidité » sont ensuite soustraites l'une de l'autre, afin d'indiquer les changements. Ces changements peuvent être représentés sous forme d'un gradient (à la droite) ou regroupés en classes (en-dessous à droite).

**Légende**

- Changement important
- Changement moyen
- Changement faible
- Non vég. / Ancienne coupe à blanc
- Routes
- Pas de changement



**A.** ACT du Landsat 1992

**B.** ACT du Landsat 1997

**C.** Changements de l'indice d'humidité entre 1992 et 1997

**D.** Classification des changements

***Figure 2. Illustration des caractéristiques des images de l'ACT du Landsat pour des dates différentes. La procédure de transformation des données est illustrée, afin d'indiquer les conditions de changement qui aboutissent dans une une carte, sur laquelle les changements d'intérêt particulier sont classés***

Bref, la procédure de détermination des changements utilisée dans cet exemple se déroule comme suit :

- chaque image de l'ACT du Landsat est transformée selon l'indice d'humidité Tasselled Cap;
- les images transformées selon l'indice d'humidité sont ensuite différenciées afin de détecter les changements;
- un seuil est appliqué aux changements afin de les classer;
- les changements sont ensuite résumés pixel par pixel à l'intérieur des polygones du SIG.

## Conclusions

La décomposition polygonale permet de quantifier les changements à l'intérieur des polygones d'un inventaire forestier.

La détection des changements, grâce à la comparaison de données polygonales forestières passées, avec des données de télédétection recueillies plus récemment, constitue un nouvel outil utile pour les gestionnaires des ressources.

## Références


Crist, E.; Cicone, R. 1984. A physically-based transformation of Thematic Mapper data - the TM tasseled cap. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing GE-22(3): 256-263.

Franklin, S.; Lavigne, M.; Deuling, M.; Wulder, M.; Hunt, R. 1997. Landsat derived forest covertypes for modeling net primary production. Canadian Journal of Remote Sensing 23(3): 243-251.

Franklin, S.; Lavigne, M.; Moskal, M.; Wulder, M.; Maudie, A. 2001. Interpretation of forest harvest conditions in New Brunswick using Landsat TM enhanced wetness difference imagery (EWDI). Canadian Journal of Remote Sensing. *In press.*

Gillis, M.; Leckie, D. 1996. Forest inventory update in Canada. The Forestry Chronicle 72(2): 138-156.

Wulder, M. 1998. Optical remote sensing techniques for the assessment of forest inventory and biophysical parameters. Progress in Physical Geography 22 (4): 449-476.

Wulder, M; Franklin, S. 2001. Polygon decomposition with remotely sensed data: Rationale, methods, and applications. Geomatica 55 (1): 451-462.

Wulder, M.; Magnussen, S.; Boudewyn, P.; Seemann, D. 1999. Spectral variability related to forest inventory polygons stored within a GIS. Pages 141-153 in T. Zawila-Niedzwiecki and M. Brach, editors. FIRS (Forest Information from Remote Sensing). Proceedings: IUFRO Conference on Remote Sensing and Forest Monitoring, Warsaw Agricultural University, Rogow, Poland, June 1-3, 1999. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. EUR 19530 EN.


## Contacts


**Mike Wulder**
**Ressources naturelles Canada**
**Service canadien des forêts**
**Centre de foresterie du Pacifique**
**Victoria (C.-B.) Canada**

**Téléphone : (250) 363-6090 Télécopieur : (250) 363-0775**
**Courriel : mwulder@pfc.forestry.ca**

**Steven E. Franklin**
**Université de Calgary**
**Département de géographie**
**Calgary (Alberta) Canada**

**Mike B. Lavigne**
**Ressources naturelles Canada**
**Service canadien des forêts**
**Centre de foresterie de l'Atlantique**
**Fredericton (N.-B.) Canada**


## Remerciements


**Dean Mills, SCF, rédacteur-réviseur**


**Pour de plus amples renseignements sur le Service canadien des forêts et ces études, visitez notre site Web :**
**http://www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca**


© Sa Majesté du chef du Canada, 2001



Imprimé sur papier recyclé
ISSN 1484-2815 Cat. No. Fo29-47/24-2001F
ISBN No. 0-662-85915-4
This publication is also available in English


Canada